

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

**О. В. КОНДРАЩЕНКО**

***НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ***

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

*(для студентів 5 курсу денної форми навчання освітньо-кваліфікаційного рівня спеціаліст спеціальності 7.06010103 «Міське будівництво та господарство»)*

**Харків**  
**ХНАМГ**  
**2011**

**Кондращенко О. В.** Наукові дослідження: конспект лекцій (для студентів 5 курсу денної форми навчання освітньо-кваліфікаційного рівня спеціаліст спеціальності 7.06010103 «Міське будівництво та господарство») / О. В. Кондращенко; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 47 с.

Автор: д-р техн. наук, проф. О. В. Кондращенко

Рецензент: канд. техн. наук, доц. В. О. Бондар (Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури)

Рекомендовано кафедрою технології будівельного виробництва та будівельних матеріалів, протокол № 2 від 07.10.2009 р.

Вступ.....	4
1. Основи методології науково-дослідних робіт.....	5
1.1. Взаємозв'язок між головними розділами наукових знань: фундаментальні та прикладні науки.....	5
1.2. Методи теоретичних та експериментальних досліджень.....	14
1.3. Моделювання в будівництві.....	19
1.4. Застосування в будівництві аналізу випадкових, імовірних або стохастичних зв'язків.....	22
2. Планування та організація наукових робіт.....	25
2.1. Структура експерименту та його планування.....	25
2.2. Способи обробки результатів наукових досліджень.....	30
2.3. Оцінка теоретичної значущості науково-дослідної роботи.....	33
2.4. Критерії економічної ефективності.....	41
Рекомендовані джерела .....	46

## ВСТУП

Метою вивчення дисципліни «Наукові дослідження» є опанування студентами 5 курсу денної форми навчання напряму підготовки 0601 – «Будівництво» спеціальності 7.060101 – «Міське будівництво та господарство» рівня «спеціаліст, магістр» знаннями про найважливіші питання теорії та практики науково-дослідних робіт та методології наукових досліджень, що сприяє розвитку раціонального творчого мислення.

Основними завданнями, що мають бути вирішені в процесі викладання дисципліни, є :

- збагачування професійних знань новітніми науковими досягненнями;
- навчання дослідницькому підходу до вирішення інженерних завдань;
- аналіз явищ та процесів у вибраній спеціальності;
- використання наукових розробок у процесі практичної діяльності.

У структурно-логічній схемі підготовки фахівця дисципліна безпосередньо спирається на базові знання з фізики, хімії, математики, будівельного матеріалознавства та будівельних конструкцій, технології будівельного виробництва тощо.

При вивченні дисципліни «Наукові дослідження» студенти повинні ознайомитися з програмою дисципліни, її структурою, методами і формами навчання, способами і видами контролю та оцінюванням знань.

Тематичний план дисципліни «Наукові дослідження» складається з двох змістових модулів, кожен з яких поєднує в собі відносно окремий самостійний блок дисципліни, який логічно пов'язує кілька навчальних елементів.

Навчальний процес здійснюється в таких формах: лекційні, практичні заняття, самостійна робота студентів. Завданням самостійної роботи студентів є отримання додаткової інформації для більш поглибленого вивчення дисципліни та розвиток самостійного творчого мислення.

## **1. Основи методології науково-дослідних робіт**

### **1.1. Взаємозв'язок між головними розділами наукових знань: фундаментальні та прикладні науки**

Науково-технічний прогрес є взаємообумовленим процесом розвитку науки й техніки, що дозволяє людині впливати на довкілля. Особливостями науково-технічного прогресу є неперервний розвиток і відновлення науково-технічної інформації, швидка зміна матеріалів, конструкцій, машин і механізмів, технологічних процесів; різке збільшення різновидів інженерних рішень; підвищення рівня комплексної механізації й автоматизації, а також систем керування.

Науково-технічний прогрес розкриває перед суспільством нові етапи розвитку, відкриває більші можливості перетворення природи, створення матеріальних благ, множення творчих здатностей людини.

Впровадження науки у виробництво виражається в рості продуктивності праці, зниженні собівартості продукції, підвищенні її якості, поліпшенні експлуатаційних показників і т.д.

Науково-технічний прогрес безпосередньо позначається на розвитку й вищої школи. Він пред'являє нові вимоги до знань студентів, їхнього творчого розвитку, умінню знаходити найбільш раціональні конструкції, технологічні й організаційні рішення. Створення у вищій школі наукової атмосфери дозволяє готувати фахівців на рівні сучасних вимог. Наука тісним образом повинна бути пов'язана із системою підготовки фахівців. Вищі навчальні заклади готують висококваліфіковані кадри, а замість одержують від науки наукову продукцію (дослідження, розробки, відкриття й т.д.), що є базою для підвищення якості підготовки сучасних фахівців. У цей час, коли розвиток суспільства характеризується глибоким проникненням науки в усі сфери матеріального виробництва, сучасні фахівці повинні бути озброєні новітніми знаннями в області наукових досягнень. Це ставить за обов'язок вищій школі широко залучати студентів до проведення наукових досліджень.

З кожним роком зростає потік інформації, швидко змінюються інженерні рішення. Сучасний фахівець повинен уміти добре орієнтуватися у відборі наукової інформації, що неможливо без навичок дослідницького, творчого мислення. Необхідно постійно вдосконалювати свої знання. Сучасне виробництво жадає від фахівця вміння самостійно ставити й вирішувати різні принципово нові питання, чого не можна зробити без оволодіння студентами основами наукових досліджень. Таким чином, наукова підготовка студентів у ВНЗах – одна з найважливіших сторін навчання.

Дисципліна «Наукові дослідження» розглядає методологію й методи наукових досліджень, а також способи їхньої організації. Науково-дослідна робота проводиться зі студентами вже на молодших курсах у рамках студентського наукового товариства (СНТ) при випускаючих кафедрах і частково при виконанні навчального процесу, при розробці курсових робіт і проектів, при виконанні практичних і лабораторних робіт, у періоди навчальних і виробничих практик, при розробці дипломних проектів і магістерських робіт.

Наука – це сфера, людської діяльності, що безупинно розвивається, основною ознакою й головною функцією якої є виявлення, вивчення й теоретична систематизація об'єктивних законів про дійсність із метою їхнього практичного використання. Наука є однією з історично сформованих форм суспільної діяльності людини.

Знання про світ умовно розділяються на три взаємозалежні області: науку про природу, науку про суспільство й науку про мислення. У плані розвитку науки розрізняють два основних рівня пізнання: стихійно-емпіричний і науковий.

У стародавності (Вавилон, Єгипет, Індія, Китай) для науки характерний був стихійно-емпіричний процес пізнання, у якому були воєдино зв'язані пізнавальні й виробничі аспекти. Знання мали практичний характер і фактично виконували роль методичних правил для конкретних видів людської діяльності. Так, у науці древньої Греції починає переважати науковий рівень пізнання. Елліністичний період давньогрецької науки ознаменувався створенням перших теоретичних

систем в області геометрії (Евклід), механіки (Архімед), астрономії (Птоломей). Корифеї древньої Греції – Аристотель, Архімед і інші у своїх дослідженнях для опису (правда, багато в чому недосконалого) об'єктивних закономірностей користувалися абстракціями, заклали основи доказового подання матеріалу, що становить найважливішу рису науки.

В епоху середньовіччя великий внесок у розвиток науки внесли вчені арабського Сходу й Середньої Азії – Ібн Сіна, Ібн Рушд, Біруні й ін. У Європі в середньовіччі набула поширення така специфічна форма науки, як схоластика, що, приділяючи основну увагу розробці християнської догматики, разом з тим внесла істотний вклад у розвиток розумової культури, в удосконалювання мистецтва теоретичних суперечок і дискусій. Створенню наукової бази сприяли також алхімія, що заклала основи дослідницького вивчення речовин і сполук, і астрологія, що стимулювала систематичні спостереження за небесними світилами.

До будівельної науки прийнято відносити теорію споруд і будівельну механіку, дослідження в області проектування й технології виготовлення будівельних конструкцій, розробки матеріалів конструкційного й технологічного призначення, питання технології, організації й керування будівництвом, проблемами інженерно-технічного устаткування і санітарної техніки міст, будинків і споруд, дослідження з механіки ґрунтів, будівельної фізики, економічних проблем будівництва. Важлива роль у будівельній науці приділяється геодезії, правовим питанням і охороні праці, рішенню екологічних проблем.

У наш час можна з повним правом говорити про новий напрямок будівельної науки, що базується на використанні комп'ютерної техніки й автоматизованих систем, формуючи загальну теорію керування складними системами будівельного виробництва. Принципово важливе значення в організації систем будівництва здобуває системотехніка, на основі якої ведеться проектування складних будівельних систем: визначаються структура системи в цілому і її функціональні зв'язки із зовнішнім світом (макропроектування), а також конструюються елементи системи (мікропроектування).

Великий вплив на становлення й розвиток будівельної науки мали багатовіковий досвід людства в області будівництва будинків і споруд та розвиток будівельної техніки. Історія розвитку будівельної техніки показує, як під впливом практичних потреб формуються наукові положення і як потім наука створює необхідні умови для інтенсивного розвитку техніки.

У своєму розвитку будівництво пройшло повчальний шлях. Від Вавилонської вежі до зведення півкілометрових телевізійних веж, унікальних висотних споруд і метрополітенів, серійного виробництва будинків з об'ємних елементів і першого вдалого застосування розчину із синтетичних матеріалів замість природних.

Серед багатьох тисяч інженерів всіх часів і народів важко вибрати найталановитіших, однак загально визнано, що видатний внесок у розвиток механіки вніс Архімед із Сіракуз (287-212 р. до н.е.). Він створив основи технічної школи мислення, що у майбутньому спричинило колосальний розвиток будівельної механіки. Сосіфат (III в. до н.е.) спорудив на острові Фарос в Олександрії морський маяк - одне із семи чудес світу. У середині I в. до н.е. жив і творив знаний будівельник і архітектор Ветрувій, який в інженерії найбільше цінував творчість, велику увагу відводив поєднанню теорії із практикою будівництва.

Важко переоцінити вклад у технічний й культурний прогрес людства італійця Леонардо да Вінчі (1452-1519 р.). Він створив велику кількість різноманітних проектів машин, у тому числі будівельних (одноковшевий екскаватор та ін.), набагато випередивши можливості свого часу. Звичайний муляр англієць Д. Еспдін (1779-1855 р.) в 1824 р. одержав патент на виготовлення цементу, що поставило його поряд з видатними інженерами свого часу. Незалежно від нього й одночасно з ним цемент такого ж складу відкрив російський інженер Є. Г. Челієв (1771-1839 р.), що було визнано як відкриття.

Прийнято вважати, що будівельна наука в сучасному її значенні й розумінні народилася наприкінці XVIII - початку XIX ст. А ще раніше почала розвиватися будівельна механіка – прикладна наука про принципи й методи розрахунку споруд на міцність, твердість і коливання. В історії розвитку будівельної механіки можна виділити три основні етапи.



Перший етап – створення основ теорії міцності тіла в момент його руйнування. Початок першого етапу пов'язаний з ім'ям Галілея, що заклав основи динаміки й вчення про міцність. Підхід Галілея був прийнятий всією наступною плеядою вчених XVII-XVIII ст., що займалися питаннями міцності на чолі з Е. Маріоттом, Якобом і Данилом Бернуллі, Г. Лейбніцом, Л. Ейлером, а найбільш закінчений вид був одержаний у роботах Ш.Кулона. Недоліком цього підходу було те, що в ньому виключалися етапи навантаження, які впливають на руйнування споруд у робочому стані. Внаслідок цього в XVIII ст. намітився серйозний відрив будівельної механіки від вимог будівництва й техніки.

Другий етап – створення теорії й практичних методів розрахунку споруд з навантаженням, яке допускається - починається в XVII ст. На цьому етапі відбувається зближення науки й практики, що стало наслідком бурхливого розвитку капіталізму. Великий вплив на цей процес мали винахід залізниць (середина XIX ст.) і, пов'язане з цим мостобудування й інтенсивне промислове будівництво.

У принципі ще в роботах Аристотеля (384-321 р. до н.е.) і Архімеда (287-212 р.) ми знаходимо початок будівельної механіки. Аристотель уперше ввів термін «механіка». Істотний вплив на розвиток теорії розрахунку статично невизначених систем зробили роботи О. Мору, де запропоновано універсальний метод визначення переміщень (формула Мору). Завдання про розрахунок арок займає особливе місце в історії будівельної механіки. Арка користувалася особливою увагою, тому що була дуже розповсюдженою будівельною конструкцією й вимагала у зв'язку із цим удосконалення конструктивних і розрахункових рішень. Істотний внесок у теорію розрахунку арок вніс видатний винахідник і механік І. П. Кулібін, а потім ця теорія була розвинена Брессом і російським вченим і інженером Х. С. Головіним, а розрахунки нерозрізних балок – Б. Клапейроном. Російський інженер Ф. С. Ясінський розробив теорію стійкості будівельних конструкцій і довів її до практичного застосування при розрахунку споруд. Значний внесок у теорію й практику мостобу-

дування вніс російський інженер Н. А. Белелюбський. Можна вважати, що він заклав теоретичні основи металевого мостобудування в Росії.

Завдяки плідності нового підходу будівельна механіка до 70-х років XIX ст. ліквідувала свою заборгованість перед будівельною практикою й надалі навіть стала випереджати її запити.

Третій етап (кінець XIX ст. – теперішній час) - розробка й впровадження методів розрахунку споруд за граничним станом з урахуванням пластичних деформацій матеріалу, створення теорій пружності й пластичності. Граничним станом вважається такий стан, при якому конструкція перестає задовольняти експлуатаційним вимогам. Таких станів два: непридатність до експлуатації за втратою несучої здатності й непридатність до експлуатації за умовами деформативності конструкцій. При розрахунку за граничним станом враховується вплив змінюваності навантажень, нестабільності властивостей матеріалу, умов роботи конструкції в реальних умовах експлуатації. Попутно вирішуються питання його економічності й раціональності.

Нову сторінку в історії будівельної техніки відкрив залізобетон. Його створили в другій половині минулого століття, і він відразу ж одержав загальне визнання будівельників. Можна вважати, що винахід залізобетону є досягненням інтернаціональним. Француз Ж. Моньє (1867 р.) виготовив квіткові діжки із цементного розчину, яким обмазав залізний каркас із прутів. Д. В. Жаринцев виготовив стіни з бетону, армованого прокатним залізом (1879 р., Росія). Більша заслуга в справі вивчення й впровадження залізобетону в Росії належить видатному російському інженерові Н. А. Белелюбському (1845-1922 р.).

Принципово новим рішенням стало застосування в будівництві попередньо напруженого залізобетону. Досить плідна ідея раціональної концентрації матеріалу в конструктивній формі. Ідея розтягнутих поверхонь віддає перевагу тим елементам конструкції, які працюють на розтягання, чим їх більше, тим краще. У цьому випадку щонайкраще використовуються такі властивості матеріалу, як міцність, а у підсумку - економія матеріалу. Ідея розтягнутих поверхонь блискуче реалізується у висячих конічних, гіперболічних і іншій формі

системах, у несучих елементах із тросів, тонколистових стрічок і т.п. Практично реалізація ідеї дозволяє істотно підвищити техніко-економічні показники конструкції, перекривати ними більші прольоти. Реалізація ідеї попередньої напруги дозволяє підвищити несучу здатність конструкції. Це досягається створенням у конструкції полів напруг і деформацій, зворотних за знаком напругам і деформаціям від експлуатаційного навантаження.

Разом з тим відчувається недолік експериментальних даних про реальні фізико-механічні властивості просадних, мерзлих, мулистих, заторфованих, намітивних ґрунтів, таких, що набухають тощо. Особливо це стосується властивостей ґрунтів у граничному стані при впливі, як статичних, так і динамічних сил. Це гальмує розробку математичної моделі й методів розрахунку (у тому числі імовірнісного) ґрунтових підвалин в умовах їхньої реальної взаємодії зі спорудою. Постановка експериментальних досліджень ґрунтів ускладнюється тим, що ґрунти – це неоднорідні багатофазні пористі структури, процес деформування яких супроводжується нерівномірним перерозподілом пористості, пластичними деформаціями зсуву, повзучістю, консолідацією, дилатацією й іншими явищами. У механіку матеріалів ґрунти відносять до так званих фізичних нелінійних матеріалів. Крім того, властивості ґрунтів можуть змінюватися в часі залежно від темпу й послідовності будівельних робіт, умов експлуатації (наприклад, водопоглинання просадних ґрунтів і таких, що набухають тощо) і інших факторів. Все це істотно ускладнює методикау моделювання реального стану й поведінки ґрунтів при вивченні їхніх фізико-механічних властивостей у лабораторних умовах.

Також мають важливе значення наукові дослідження в області улаштування підвалин та фундаментів. Наукові дослідження в області будівельних конструкцій спрямовані на створення нових ефективних конструкцій для промислових, цивільних і сільськогосподарських споруд. Високий рівень будівельної науки й конструкторських розробок повинен сприяти підвищенню індустріального рівня виготовлення будівельних конструкцій, зниженню їхньої вартості й матеріалоемності. Вирішити ці проблеми можна на основі ви-

користання нових наукових ідей, пошуку й реалізації прогресивних конструктивних рішень.

Наука про будівельні конструкції – це наука про конструктивну форму, її загальні закономірності теорії розрахунку й методи виготовлення й монтажу. Дослідження проблем теорій формоутворення й споруд у наш час є основними у розвитку будівельних конструкцій і джерелом зниження матеріалоємності й вартості споруд, підвищення їхньої надійності й довговічності. Теорія будівельних конструкцій опирається на ряд прогресивних ідей, що дозволяють по науковому підходити до пошуку найбільш раціональних конструктивних форм.

У теорії споруд зараз проводять й будуть проводити надалі теоретичні й експериментальні дослідження із встановлення дійсної працездатності будівельних конструкцій у реальних умовах експлуатації. Ці дослідження включають: методи статичного й динамічного розрахунків будівельних конструкцій на міцність, стійкість і коливання за граничними станами, у тому числі на основі імовірнісних підходів; методи оптимізації конструктивної форми; розвиток теорії міцності й руйнування, що особливо важливо для споруд, розташованих у зонах, де можливі землетруси; методи розрахунку надійності, що базуються на використанні статистичних методів обробки даних про реальні навантаження і їх взаємодію, про властивості будівельних матеріалів, а також відомостей про накопичення ушкоджень у споруді.

Важливим завданням є поглиблення методів розрахунку споруд як єдиних просторових систем без розподілення їх на підвалини, фундаменти, елементи будівельних конструкцій (балки, рами, колони, плити й т.д.). Розрахунок споруд як єдиної системи дозволяє виявити ті запаси несучої їх здатності, які не можуть бути виявлені при розрахунку окремих елементів.

Наш час можна вважати часом справжнього науково-технічного підйому, коли наука зайняла лідируюче місце стосовно техніки й виробництва. На основі досягнень науки виникають цілі галузі техніки й виробництва. Комп'ютери знайшли широке застосування в наукових дослідженнях, виробництві й керу-

ванні. Їхня поява знаменує початок передачі машині логічних функцій людини, а в перспективі – перехід до комплексної автоматизації виробництва й керування.

Фундаментальна наука сьогодні просувається вперед по трьох напрямках:

- мікросвіт, де вирішують проблеми на рівні нано часток і атомних структур;
- мегамир, де досліджують Всесвіт, починаючи з нашої Сонячної системи до областей позагалактичного простору;
- макросвіт, де вивчають функції вищих структур живої матерії.

Диференціація й інтеграція науки – це складний діалектичний процес, характерний для всього процесу розвитку науки. *Диференціація* науки, у тому числі вузька спеціалізація, є об'єктивною тенденцією розвитку сучасної науки, оскільки приблизно кожні 10 років відбувається збільшення наукових дисциплін удвічі. Диференціація знань обумовлена невичерпністю об'єктів пізнання, потребами практики й розвитку самої науки. Настільки ж об'єктивна *інтеграція* науки, що відбиває взаємозв'язок і взаємозумовленість наукових знань, що підсилює проникнення одних наук в інші. Диференціація й інтеграція науки чітко простежуються на процесі переходу сучасної науки від предметної до проблемної орієнтації при рішенні великих комплексних теоретичних і практичних питань. З одного боку, відбувається процес диференціації наук (виділення нових стикувальних наук – біоніки, будівельної фізики й ін.), а з іншого боку - їхня інтеграція, що дозволяє комплексно вирішувати проблему. Наприклад, найважливіша проблема охорони природи вирішується об'єднаними зусиллями технічних наук (у тому числі будівельної науки), біології, наук про Землю, медицини, економіки, математики й ін.

Прискорений розвиток природничих наук наочно проявляється в наш час. Природничі науки, що вивчають базисні структури природи, закономірності їхньої взаємодії й керування, є фундаментом науки в цілому й повинні розвиватися випереджальними темпами. Тільки на основі випереджальних фундаментальних досліджень і відкриттів у природознавстві прикладні науки й техніка зможуть успішно вирішувати виникаючі проблеми, пов'язані з подальшим прогресом виробництва.

Прикладом посилення контактів між розділами науки і їхнього взаємозв'язку є проникнення чисельних методів у практику розрахунку й проектування сучасних будівельних конструкцій — варіаційно-різницевого, методу кінцевих елементів, методу статистичних випробувань та ін. Так математика підсилює вимоги до коректності постановки завдання, підвищує ступінь спільності, ефективності пояснювальних і провісницьких функцій науки. Разом з тим істотно змінилася роль математики й у тих науках, з якими вона була традиційно пов'язана. Математика зараз є не тільки засобом точного формулювання законів, але й здобуває важливу евристичну роль. Математизації наук сприяє загальна комп'ютеризація й прикладні методи розрахунку.

## **1.2. Методи теоретичних та експериментальних досліджень**

Останнім часом науково-дослідна робота студентів помітно інтенсифікувалася. Дисципліна «Наукові дослідження» зобов'язує всіх студентів освоїти елементи методики наукових досліджень, що сприяє розвитку раціонального творчого мислення, організації їх оптимальної розумової діяльності. За період навчання студент повинен виконати ті або інші наукові дослідження в різних формах навчального процесу під керівництвом викладача. У результаті вивчення теоретичного курсу й виконання експериментальних досліджень студент повинен освоїти методологію й методику наукових досліджень, їхнє планування й організацію, а також уміти відбирати й аналізувати необхідну інформацію з теми наукового дослідження; формулювати мету й завдання; розробляти наукову гіпотезу.

Мета науки — пізнання законів розвитку природи й суспільства й вплив на природу за допомогою знань для одержання корисних суспільству результатів. Поки відповідні закони не відкриті, людина може лише описувати явища, збирати, систематизувати факти, але вона нічого не може пояснити й прогнозувати. Розвиток науки йде від збору фактів, їх вивчення й систематизації, узагальнення й розкриття окремих закономірностей до зв'язаної, логічно стрункої

системи наукових знань, що дозволяє пояснити вже відомі факти й передбачити нові. Процес пізнання включає накопичення фактів. Але хоча факти самі по собі ще не є наука, вони стають складовою частиною наукових знань, якщо вони виступають у систематизованому, узагальненому виді. Факти систематизують і узагальнюють за допомогою найпростіших абстракцій, що є важливими структурними елементами науки. До найбільш широких понять відносяться категорії. Це самі загальні абстракції. До категорій відносять філософські поняття про форму й зміст явищ.

Важлива форма знань — принципи й аксіоми. Під принципом розуміють вихідні положення якої-небудь галузі науки. Вони є початковою формою систематизації знань.

Найважливішою складовою в системі наукових знань є наукові закони, що відбивають найбільш істотні, стійкі, повторювані об'єктивні внутрішні зв'язки в природі, суспільстві й мисленні. Звичайно закони виступають у формі певного співвідношення понять, категорій. Найбільш високою формою узагальнення й систематизації знань є теорія. Під теорією розуміють вчення про узагальнений досвід, що формулює наукові принципи й методи, які дозволяють узагальнити, пізнати існуючі процеси і явища, проаналізувати дію на них різних факторів і запропонувати рекомендації з використання їх на практиці.

Наука містить у собі також методи дослідження. Під методом розуміють спосіб теоретичного дослідження або практичного здійснення якого-небудь явища або процесу. Метод — це інструмент для рішення головного завдання науки — відкриття об'єктивних законів дійсності. Метод визначає необхідність і місце застосування індукції й дедукції, аналізу й синтезу, порівняння теоретичних і експериментальних досліджень. Наприклад, при дослідженні процесу твердіння цементу необхідно враховувати суперечливість процесів, що протікають при твердінні. З одного боку, відбувається структуроутворення, обумовлене появою нових контактів у структурі цементного каменю в результаті процесів гідратації, гідролізу й утворення кристалів виникаючих нових мінералів. З іншого боку — має місце деструкція в цементному камені, що твердіє, тобто

руйнування контактів внаслідок протікання в бетоні тепло- масообмінних процесів. Це цілком погоджується із законом єдності й боротьби протилежностей.

Будь-яка наукова теорія, пояснюючи характер тих або інших процесів дійсності, завжди пов'язана з певним окремим методом дослідження. Опираючись на загальні й окремі методи, дослідник знаходить відповідь на те, з чого треба починати дослідження, як ставитися до фактів, як їх узагальнювати та робити висновки.

У наш час все більшого значення набуває в якості загального математичний метод дослідження, тобто метод кількісного вивчення явищ і процесів. Наука досягла такого рівня, коли якісні методи дослідження усе частіше замінюють кількісними вивченнями явищ, які є більш високим шабелем наукового дослідження. Крім того, точні інженерні розрахунки базуються тільки на наукових знаннях, отриманих у математичній формі й дозволяють при розрахунку мати чисельне вираження для тих або інших інженерних конструкцій або технологічних процесів.

Коли вчені не мають у своєму розпорядженні достатній фактичний матеріал, то як засіб досягнення наукових результатів вони використовують гіпотези - науково обґрунтовані припущення, висунуті для пояснення якого-небудь процесу, які після перевірки можуть виявитися правдивими або помилковими. Гіпотеза виступає часто як первісне формулювання, чорновий варіант законів, що відкривають. Більшість наукових законів були сформульовані на основі раніше сформульованих гіпотез.

Формою здійснення й розвитку науки є наукове дослідження – тобто вивчення за допомогою наукових методів явищ і процесів, аналіз впливу на них різних факторів, а також вивчення взаємодії між явищами з метою одержати переконливі докази й корисні для науки й практики рішення зі значним ефектом.

Метою наукового дослідження є визначення конкретного об'єкта й всебічне, достовірне вивчення його структури, характеристик, зв'язків на основі розроблених наукових принципів і методів пізнання, а також одержання корисних для діяльності людини результатів, впровадження у виробництво й одержання



ефекту. Основою розробки кожного наукового дослідження є методологія, тобто сукупність методів, способів, прийомів і їхня певна послідовність, прийнята при розробці наукового дослідження. Таким чином, методологією можна назвати схему, план рішення поставленого науково-дослідного завдання. Наукове дослідження повинне розглядатися в безперервному розвитку, базуватися на зв'язку теорії із практикою. Залежно від мети, завдань і об'єкта дослідження застосовують різні принципи.

Теоретичні завдання спрямовані на вивчення й виявлення причин, зв'язків, залежностей, що дозволяють установити поводження об'єкта, визначити й вивчити його структуру, характеристику на основі розроблених у науці принципів і методів пізнання. У результаті отриманих знань формулюють закони, розробляють теорію, перевіряють факти й ін. Теоретичні пізнавальні завдання формулюють таким чином, щоб їх можна було перевірити емпірично. У рішенні емпіричних і особливо теоретичних завдань наукового дослідження важлива роль належить логічному методу пізнання, що дозволяє на основі зроблених висновків пояснювати явища й процеси, висувати різні пропозиції й ідеї, установлювати шляхи їхнього рішення. Він базується на отриманих фактах і результатах емпіричних досліджень. Результати наукових досліджень оцінюють тим вище, чим вище науковий рівень зроблених висновків і узагальнень.

Творче рішення часто не укладається в заздалегідь намічене планом. Іноді оригінальні рішення з'являються «раптово», після здавалося б тривалих і марних спроб. Часто вдалі рішення виникають у фахівців суміжних областей, на яких не давить вантаж відомих рішень. Творчий процес представляє по суті розрив звичних уявлень і погляд на явища з іншого боку. Успішне виконання теоретичних досліджень залежить не тільки від кругозору, наполегливості й цілеспрямованості дослідника, але й від того, якою мірою він володіє методами й способами наукового дослідження.

Важливе місце при виконанні теоретичних досліджень займають способи дедукції й індукції. Дедуктивний – це такий спосіб дослідження, при якому окремі положення виводяться із загальних. Цей спосіб визначає кінцевий ре-

зультат дослідження, що базується на певних відомих логічних зв'язках, за межами яких він не може бути використаний. Недоліком дедуктивного способу є обмеження, що впливають із загальних закономірностей, на основі яких досліджується окремий випадок. Індуктивний – це такий спосіб дослідження, при якому з окремих фактів і явищ установлюються загальні принципи й закони. Даний спосіб широко застосовують у теоретичних дослідженнях.

Особливу роль у теоретичних дослідженнях грають способи аналізу й синтезу. Аналіз — це спосіб наукового дослідження, при якому явище розподіляється на складові частини. Синтез — протилежний аналізу спосіб, що полягає в дослідженні явища в цілому, на основі об'єднання зв'язаних один з одним елементів у єдине ціле. Так, виділяючи мінерали при дослідженні цементу, застосовують метод аналізу; а вивчаючи цемент як систему, що складається з мінералів, використовують метод синтезу. Спосіб синтезу дозволяє узагальнювати поняття, закони, теорії.

Методи аналізу й синтезу взаємозалежні, їх однаково використовують у наукових дослідженнях. При аналізі явищ і процесів виникає потреба розглядати велику кількість фактів або ознак. Важливо вміти виділити головне. У цьому випадку може бути застосований спосіб ранжирування, за допомогою якого виключають все другорядне, що не впливає істотно на досліджуване явище. Цей метод допускає посилення основних і ослаблення другорядних фактів, дозволяє вивчати головні особливості процесів і явищ у рівних умовах.

У наукових дослідженнях широко застосовується спосіб абстрагування, тобто відволікання від другорядних фактів з метою зосередитися на найважливіших особливостях досліджуваного явища. Наприклад, при дослідженні роботи якого-небудь механізму аналізують розрахункову схему, що відображає основні істотні властивості механізму. У ряді випадків використовують спосіб формалізації. Сутність його полягає в тому, що основні положення процесів і явищ представляють у вигляді формул і спеціальної символіки. Застосування символів і інших знакових систем дозволяє встановити закономірності між досліджуваними фактами.

У теоретичних дослідженнях можливі два методи: логічний і історичний. Логічний метод містить у собі гіпотетичний і аксіоматичний. Гіпотетичний метод заснований на розробці гіпотези, наукового припущення, що містить елементи новизни й оригінальності. Гіпотеза повинна повніше й краще пояснювати явища й процеси, підтверджуватися експериментально й відповідати загальним законам діалектики й природознавства. Цей метод дослідження є основним, найпоширенішим у прикладних науках.

Аксіоматичний метод заснований на очевидних положеннях (аксіомах), прийнятих без доказу. За цим методом теорія розробляється на основі дедуктивного принципу. Своє поширення він одержав у теоретичних науках (математика, математична логіка й ін.).

Історичний метод дозволяє досліджувати виникнення, формування й розвиток процесів і подій у хронологічній послідовності з метою виявити внутрішні й зовнішні зв'язки, закономірності й протиріччя. Даний метод дослідження використовується переважно в суспільних і, головним чином, в історичних науках. У прикладних же науках він застосовується, наприклад, при вивченні розвитку й формування тих або інших галузей науки й техніки.

У прикладних науках основним методом теоретичних досліджень є гіпотетичний. Його методологія містить у собі наступне: вивчення фізичної, хімічної й іншої сутності досліджуваного явища за допомогою описаних вище способів пізнання; формулювання гіпотези й складання розрахункової схеми (моделі) дослідження; вибір математичного методу дослідження моделі і її вивчення; аналіз теоретичних досліджень і розробка теоретичних положень.

### **1.3. Моделювання в будівництві**

Будівництво — одна з найбільш капіталомістких галузей народного господарства. Це необхідно враховувати в дослідженнях планування, організації й керування. У системі інтеграції «наука - техніка - виробництво» науці належить провідна роль. Вона розвивається більш швидкими темпами, що приво-

дить до відчутних змін у техніці й технології виробництва. У свою чергу техніка постійно стимулює прогрес науки, висувуючи перед нею нові вимоги й завдання й забезпечуючи її усе більш точним і складним устаткуванням. Характерним є також виникнення нової галузі науки, так званого наукознавства, що вивчає закономірності функціонування науки, структуру й динаміку її розвитку; бурхливий ріст інформації, що є найвищою мірою характерною рисою сучасного етапу розвитку науки. Обсяг наукових знань людства, що був до початку нашої ери подвоївся тільки до 1750 року, друге подвоєння відбулося за 150 років (до 1900 р.), третє - за 50 років (до 1956 р.), четверте - за 10 років (до кінця XX століття), чисельність учених у світі зростає вдвічі за 12-15 років.

Обсяг наукових знань зростає відповідно до принципу ланцюгового механізму, тобто добутий науковий знання є базою для одержання нового. Статистичний аналіз показує, що характеристика наукової діяльності за останні 250 років зростає за експонентним законом. Через кожні 10-15 років всі показники подвоюються. Тому вважають, що основним законом аналізу науки є експонентний, але є думка, що експонентний закон розвитку науки згодом може мінятися. Так, уповільнення темпу може бути обумовлено обмеженістю людських ресурсів, бурхливим потоком інформації, недостатністю асигнувань на наукові дослідження й ін.

Характерною рисою сучасної науки є те, що вона перетворюється в складний і безупинно зростаючий соціальний організм, у найбільш динамічну, рухливу продуктивну силу суспільства. Розвиток науки стає вихідним пунктом для створення нових галузей виробництва. Наука стає продуктивною силою суспільства, що проявляється в глибоких змінах у взаєминах науки й виробництва.

По-перше, багато нових видів виробництва й технологічних процесів спочатку зароджуються в надрах науки. По-друге, скорочуються строки між науковим відкриттям і його впровадженням у виробництво. По-третє, відіграє роль широка доступність нової інформації через Всесвітню електронну мережу, що наближає вчених до виробничих комплексів. Тому треба розуміти, що будь-

яке наукове відкриття є загальною працею, і наука виступає як сумарне вираження людських успіхів у пізнанні світу.

Первинним у пізнанні фізичної сутності процесів виступають спостереження. Особливо це є властивим для будівельної науки. Будь-який процес залежить від багатьох діючих на нього факторів. Кожне спостереження або вимір може зафіксувати лише деякі фактори. Для того щоб повніше зрозуміти процес, необхідно мати велику кількість спостережень і вимірів. Виділити головне й потім глибоко досліджувати процеси або явища за допомогою великої, не систематизованої інформації важко. Тому таку інформацію прагнуть «згустити» у деяке абстрактне поняття — модель.

Під моделлю розуміють штучну систему, що відображає основні властивості досліджуваного об'єкта - оригіналу. Модель — це зображення в зручній формі численної інформації про досліджуваний об'єкт. Вона перебуває в певній відповідності з досліджуваним об'єктом, може замінити його при дослідженні й дозволяє одержати інформацію про досліджуваний об'єкт.

Метод моделювання — вивчення явищ за допомогою моделей — один з основних у сучасних дослідженнях. Розрізняють фізичне й математичне моделювання.

При фізичному моделюванні фізика явищ в об'єкті й моделі і їхніх математичних залежностях однакові.

При математичному моделюванні фізика явищ може бути різною, а математичні залежності однаковими. Математичне моделювання здобуває особливу цінність, коли виникає необхідність вивчити особливо складні процеси.

При побудові моделі властивості й сам об'єкт звичайно спрощують, узагальнюють. Чим ближче модель до оригіналу, тим вдаліше вона описує об'єкт, тим ефективніше теоретичне дослідження й тим ближче отримані результати до прийнятої гіпотези дослідження.

Найбільш повно й глибоко можна виконати системний аналіз чисельними методами, що являють собою науку про складні динамічні системи, здатні сприймати, зберігати й переробляти інформацію для цілей оптимізації й керування.

Етап теоретичних розробок наукового дослідження містить у собі наступні основні розділи: аналіз фізичної сутності процесу, явищ; формулювання гіпотези дослідження, розробка фізичної моделі; проведення математичного дослідження; аналіз теоретичних рішень, формулювання висновків. Може бути прийнята й інша структура теоретичної частини дослідження, наприклад, якщо не вдається виконати математичне дослідження, то формулюють робочу гіпотезу в словесній формі, залучаючи графіки, таблиці й ін. Однак у технічних науках, у тому числі й будівельної, необхідно прагнути до застосування математизації висунутих гіпотез і інших наукових висновків.

#### **1.4. Використання в будівництві аналізу випадкових, імовірних або стохастических зв'язків**

Творчий процес вимагає у свідомості вдосконалювання відомого рішення. Удосконалювання є процесом переконструювання об'єкта мислення в оптимальному напрямку. Коли переробка досягає межі, яка була визначена раніше поставленою метою, процес оптимізації припиняється, створюється продукт розумової праці. У теоретичному аспекті це є гіпотеза дослідження, тобто наукове передбачення. За певних умов процес удосконалювання приводить до своєрідного, оригінального теоретичного рішення. Оригінальність проявляється у своєрідній, неповторній точці зору на процес або явище.

Творчий характер мислення при розробці теоретичних аспектів наукового дослідження полягає в створенні уявлень, тобто нових комбінацій з відомих елементів і базується на наступних прийомах: зборі й узагальненні інформації; постійному зіставленні, порівнянні, критичному осмисленні; виразному формулюванні власних думок, їхньому письмовому викладі; удосконалюванні й оптимізації власних положень. Творчий процес теоретичного дослідження має кілька стадій: вибір проблеми; знайомство з відомими рішеннями; відмова від відомих шляхів рішення аналогічних завдань; перебір різних варіантів рішення; рішення.

Гіпотеза становить суть, методологічну основу, теоретичне передбачення, стрижень теоретичних досліджень. Будучи керівною ідеєю всього дослідження, вона визначає напрямок і обсяг теоретичних розробок. Сформулювати найбільше чітко й повно робочу гіпотезу, як правило, важко. Від того, як сформульована гіпотеза, визначається ступінь її наближення до остаточного теоретичного рішення теми, тобто трудомісткість і тривалість теоретичних розробок. Успіх залежить від повноти зібраної інформації, глибини її творчого аналізу, цілеспрямованості методичних висновків за результатами аналізу, чітко сформульованих цілей і завдань дослідження, досвіду й ерудиції науковця. На стадії формулювання гіпотези теоретичну частину необхідно поділити на окремі питання, що дозволить спростити їхню проробку. Основою для пророблення кожного питання є теоретичні дослідження, виконані різними авторами й організаціями. Науковець на основі критичного аналізу й формулювання (якщо буде потреба) своїх пропозицій розвиває існуючі теоретичні подання або пропонує нове, більше раціональне теоретичне рішення проблеми.

Опис фізичної сутності досліджуваного явища (або процесу) становить основу теоретичних розробок. Необхідне, щоб такий опис всебічно висвітлював суть процесу й базувався на законах фізики, хімії, механіки, фізичної хімії й ін. Для цього дослідник повинен знати класичні закони природничих наук і вміти їх використовувати стосовно до робочої гіпотези наукового дослідження.

При виконанні наукових досліджень у будівництві найчастіше виникає потреба в описі фізичної сутності наступних основних явищ і процесів: напружено-деформованих станів при статичних, динамічних і вібраційних навантаженнях; руйнування (утворення тріщин, абразивного зношування, розриву й ін.); втрати стійкості; тепломасообмінних процесів (нагрівання, охолодження, зволоження, просихання, промерзання, відтавання, сушіння); хімічних і фізико-хімічних процесів твердіння в'язучих і бетонів, структуроутворюючих і деструктивних явищ; роздрібнення матеріалів; перемішування компонентів сумішей; поліпшення будівельних матеріалів шляхом додання різних добавок, ущіль-

нення матеріалів; самоущільнення, розшаровування при транспортуванні матеріалів і ін.

Останнім часом набувають поширення дослідження з питань планування й економічного обґрунтування, а також організації будівельних процесів, що відбивають у комплексі складні системи.

Незважаючи на різноманіття процесів, що зустрічаються в будівництві, вони мають ряд загальних принципових положень. Ці процеси протікають відповідно до законів діалектики й основних законів термодинаміки (перший, другий, третій закони). У більшості випадків одночасно розвиваються два протилежних процеси. Наприклад, твердіння в'язучих поряд зі структуроутворенням (синтезом міцності) супроводжується деструкцією, а при впливі руйнівних навантажень разом з руйнуванням відбувається зміцнення. На різних етапах одні процеси превалюють над іншими. При більших механічних навантаженнях перевагу беруть процеси руйнування, при невеликих — можливо помітне зміцнення матеріалів. Для матеріалів раннього віку твердіння характерне структуроутворення, пізнього — деструкція. Крім того, процеси і явища, досліджувані в будівництві, мають властивості інерційності, спадковості, періодичності. Наприклад, багато які із цих процесів розвиваються за принципом ланцюгових реакцій або за принципом теплопровідності.

Поряд з детермінованими, у будівництві широко поширені й випадкові процеси, особливо це відноситься до планування, організації й керуванню.

Досліджуючи різні процеси, широко використовують загальні принципи взаємозв'язку між властивостями, речовим складом, структурою й станом матеріалу. Установлено, що найбільша міцність і довговічність будівельних матеріалів і виробів при даному хімічному складі відповідає певній оптимальній структурі. У більшості випадків прагнуть, щоб структура нових будівельних матеріалів і виробів мала мінімальні внутрішні мікронапруги й мікродеформації. Найважливішим технологічним принципом є принципи відповідності, відповідно до якого задані властивості будівельних матеріалів і виробів на даному технологічному встаткуванні можна одержати при певній якості вихідної сиров-



вини й наборі певного комплексу прийомів спрямованого впливу до оптимального часу (фізичні, механічні, фізико-механічні впливи на розвиток технологічного процесу).

## **2. Планування й організація наукових праць**

### **2.1. Структура експерименту і його планування**

Важливу роль у науковому дослідженні грають пізнавальні завдання, що виникають при рішенні наукових проблем. Найбільший інтерес мають емпіричні й теоретичні завдання. Емпіричні завдання спрямовані на виявлення, точний опис і ретельне вивчення різних факторів досліджуваних явищ і процесів. У наукових дослідженнях вони вирішуються різними методами пізнання — спостереженням і експериментом. Спостереження - це метод пізнання, при якому об'єкт вивчають без втручання в нього; фіксують, вимірюють лише властивості об'єкта, характер його зміни.

Експеримент — це найбільш загальний емпіричний метод пізнання, у якому роблять не тільки спостереження й виміри, але й здійснюють перестановку, зміну об'єкта дослідження й т.д. У цьому методі можна виявити вплив одного фактора на іншій. Емпіричні методи пізнання відіграють більшу роль у науковому дослідженні. Вони не тільки є основою для підкріплення теоретичних передумов, але часто становлять предмет нового наукового дослідження.

Найбільш важливою складовою частиною наукових досліджень є експерименти. Експериментальне дослідження — один з основних способів одержати нові наукові знання. У його основі лежить експеримент, що представляє собою науково поставлений дослід або спостереження явища в умовах, що точно враховуються, і дозволяють стежити за ходом досліду, управляти їм, відтворювати його щораз при повторенні цих умов. Від звичайного, повсякденного пасивного спостереження експеримент відрізняється активним впливом дослідника на досліджуване явище.

Основною метою експерименту є перевірка теоретичних положень (підтвердження робочої гіпотези), а також більш широке й глибоке вивчення теми наукового дослідження. Експеримент повинен бути проведений по можливості в найкоротший строк з мінімальною витратою матеріалів і коштів при найвищій якості отриманих результатів.

Розрізняють експерименти природні й штучні. Природні експерименти характерні для одержання соціальних явищ (соціальний експеримент) в обстановці, наприклад, виробництва, побуту й т.п. Штучний експеримент широко застосовується в багатьох науках й у першу чергу в технічних. У цьому випадку вивчають явище, ізольоване до необхідного ступеня, щоб оцінити його в кількісному і якісному відношеннях.

Іноді виникає необхідність провести пошукові експериментальні дослідження. Вони необхідні в тому випадку, якщо важко класифікувати всі фактори, що впливають на досліджуване явище внаслідок відсутності достатніх попередніх даних. На основі попереднього експерименту будується програма досліджень у повному обсязі. Експериментальні дослідження діляться на лабораторні й виробничі.

Лабораторні досліді проводять із застосуванням типових приладів, спеціальних моделюючих установок, стендів, устаткування й т.д. Ці дослідження дозволяють повніше й доброякісніше, з необхідною повторністю вивчити вплив одних характеристик при варіюванні інших. Лабораторні досліді при достатньо повному науковому обґрунтуванні експерименту дозволяють одержати повноцінну наукову інформацію з мінімальними витратами. Однак такі експерименти не завжди повністю моделюють реальний хід досліджуваного процесу, тому виникає потреба в проведенні виробничого експерименту.

Виробничі експериментальні дослідження мають на меті вивчити процес у реальних умовах з урахуванням впливу різних випадкових факторів виробничого середовища. Такі експерименти проводять на реальних об'єктах, що споруджуються, заводах, дорогах, які знаходяться в експлуатації, будинках, спецспорудах тощо. Внаслідок, як правило, громіздкості досліді потрібно особливо

ретельне продумування й планування експерименту. Важливу роль грає обґрунтування мінімальної необхідної кількості вимірів. До виробничих досліджень відносять також спеціальні польові експедиції з обстеження експлуатованих об'єктів. Наприклад, для вивчення процесів деформацій і руйнувань конструкцій доріг створюють спеціальні експедиції, які обстежують конструкції в осінній і весняній періоди підвищеного зволоження. Для вивчення служби мостів, створюють спеціальні мостовипробні експедиції, які на основі статичних і динамічних навантажень досліджують напружно-деформаційний стан елементів мостів.

Одним з різновидів виробничих експериментів є збирання матеріалів в організаціях, які накопичують за стандартними формами ті або інші дані. Цінність цих матеріалів полягає в тому, що вони систематизовані за багато років за єдиною методикою. Такі дані добре піддаються обробці методами статистики й теорії ймовірності.

У ряді випадків виробничий експеримент ефективно проводити методом анкетування. Для досліджуваного процесу затверджують ретельно продуману методику. Основні дані збирають методом опитування виробничих організацій за попереднє складеною анкетною. Цей метод дозволяє зібрати дуже велику кількість спостережень або вимірів за досліджуваним питанням. До результатів анкетних даних варто ставитися з особливою увагою, оскільки вони не завжди містять досить надійні дані. Особливу роль тут грає метод статистичного чищення вимірів.

Виробничі експериментальні дослідження можуть бути замінені дослідженнями на спеціальних полігонах. Полігонні випробування дозволяють робити дослідження без порушення технологічного виробничого ритму, що підвищує ефективність використання застосовуваного в експерименті встаткування, машин, приладів.

Залежно від теми наукового дослідження обсяг експериментів може бути різним. У найкращому разі для підтвердження робочої гіпотези досить лабораторного експерименту, у гіршому — доводиться проводити серію експеримен-

тальних досліджень: попередні (пошукові), лабораторні, полігонні, на об'єкті, що експлуатується.

У ряді випадків на експеримент затрачається велика кількість засобів. Науковець робить величезну кількість спостережень і вимірів, одержує безліч діаграм, графіків, виконує невиправдано велику кількість випробувань. На обробку й аналіз такого експерименту витрачається багато часу. Іноді виявляється, що виконано багато зайвого, непотрібного. Все це можливо, коли експериментатор чітко не обґрунтував мету й завдання експерименту. В інших випадках результати тривалого, великого експерименту не повністю підтверджують робочу гіпотезу наукового дослідження. Як правило, це також властиво для експерименту, чітко не обґрунтованого метою й завданнями. Тому перш ніж розпочати експериментальні дослідження, необхідно розробити методологію експерименту.

Методологія експерименту — це загальна структура експерименту, тобто постановка й послідовність виконання експериментальних досліджень. Методологія експерименту містить у собі наступні основні етапи: розробку плану-програми експерименту; оцінку вимірів і вибір засобів для проведення експерименту; проведення експерименту; обробку й аналіз експериментальних даних. Наведена кількість етапів справедлива для традиційного експерименту. Останнім часом широко застосовують математичну теорію експерименту, що дозволяє різко підвищити точність і зменшити обсяг експериментальних досліджень. У цьому випадку методологія експерименту включає такі етапи: розробку плану-програми експерименту; оцінку вимірів і вибір засобів для проведення експерименту; математичне планування експерименту з одночасним проведенням експериментального дослідження, обробкою й аналізом отриманих даних.

План-програма включає найменування теми дослідження, робочу гіпотезу, методику експерименту, перелік необхідних матеріалів, приладів, установок, список виконавців експерименту, календарний план робіт і кошторис на виконання експерименту. У ряді випадків включають роботи з конструювання й виготовлення приладів, апаратів, пристосувань, методичне їх обстеження, а

також програми дослідних робіт на заводах, будівництві й т.п. Основу плану-програми становить методика експерименту. Методика є системою прийомів або способів для послідовного найбільш ефективного здійснення експериментального дослідження й у загальному випадку містить у собі: мету, завдання експерименту; вибір факторів, що варіюють; обґрунтування засобів і необхідну кількість вимірів; опис проведення експерименту; обґрунтування способів обробки й аналізу результатів експерименту.

Визначення мети й завдань експерименту — один з найбільш важливих етапів. На основі аналізу інформації, гіпотези й теоретичних розробок обґрунтовують мету й завдання експерименту. Вся наукова інформація дозволяє в тому або іншому ступені судити про очікувані закономірності досліджуваного процесу, а отже, і визначити завдання експерименту.

Чітко обґрунтовані завдання – це значний внесок у їхнє рішення. Кількість завдань не повинно бути занадто великим. Для конкретного, (не комплексного) експерименту оптимальною кількістю є 3-4 завдання. У великому, комплексному експерименті їх може бути 8-10. Вибір факторів, що варіюють, - це встановлення основних і другорядних характеристик, що впливають на досліджуваний процес. Спочатку аналізують розрахункові (теоретичні) схеми процесу. На основі цього класифікують всі фактори й формують із них убутний по важливості для даного експерименту ряд. Правильний вибір основних і другорядних факторів відіграє важливу роль в ефективності експерименту, оскільки експеримент і зводиться до знаходження залежностей між цими факторами.

В окремих випадках важко відразу виявити роль основних і другорядних факторів. При цьому необхідно виконати невеликий за обсягом пошуковий дослід. Основним принципом установлення ступеня важливості характеристики є її роль у досліджуваному процесі. Для цього вивчають процес залежно від якоїсь однієї змінної величини при інших постійних. Такий принцип проведення експерименту виправдовує себе лише в тих випадках, коли змінних характеристик не більше 1-3. Якщо ж змінних величин багато, є доцільним принцип багатофакторного аналізу.

## **2.2. Способи обробки результатів наукових досліджень**

Обґрунтування засобів вимірів — це вибір необхідних для спостережень і вимірів приладів, устаткування, машин, апаратів та ін. Експериментатор повинен бути добре ознайомлений з вимірювальною апаратурою, що випускається і є доступною. Щорічно видаються каталоги на засоби виміру, за якими можна замовити прилади або інші засоби вимірів. Природно, що в першу чергу використовують стандартні; машини, що випускаються серійно, і прилади, робота на які регламентується інструкціями, ДСТУ і іншими офіційними документами.

В окремих випадках виникає потреба в створенні унікальних приладів, апаратів, установок, стендів, машин для виконання теми. При цьому розробка й конструювання приладів і інших засобів повинні бути ретельно обґрунтовані теоретичними розрахунками й практичними міркуваннями про можливість виготовлення встаткування. Створюючи нові прилади, бажано використовувати готові вузли що випускаються або реконструювати існуючі прилади.

Дуже відповідальною частиною є встановлення точності вимірів і похибок. Методи вимірів повинні базуватися на законах спеціальної науки - метрології, що досліджує засоби й методи вимірів.

При експериментальному дослідженні одного й того ж процесу (спостереження й виміри) повторні результати на приладах, як правило, не однакові. Відхилення пояснюються різними причинами — неоднорідністю властивостей досліджуваного тіла (ґрунт, матеріал, конструкція й т.д.), недосконалістю приладів і класом їхньої точності, суб'єктивними особливостями експериментатора й ін. Чим більше випадкових факторів, що впливають на дослід, тим більше розбіжності показників, одержуваних при вимірах, тобто тим більше відхилення окремих вимірів від середнього значення. Це вимагає повторних вимірів, а отже, необхідно знати їх необхідну мінімальну кількість. Під необхідною мінімальною кількістю вимірів розуміють таку, що у даному досліді забезпечує стійке середнє значення вимірюваної величини, що задовольняє заданого ступеня точності. Установлення необхідної мінімальної кількості вимірів має велике зна-

чення, оскільки забезпечує одержання найбільш об'єктивних результатів при мінімальних витратах часу й засобів.

У методиці докладно проектують процес проведення експерименту. На початку становлять послідовність (черговість) проведення операцій вимірів і спостережень. Потім ретельно описують кожну операцію окремо з урахуванням обраних засобів для проведення експерименту. Важливу увагу приділяють методам контролю якості операцій, що забезпечують при мінімальній (раніше встановленій) кількості вимірів високу надійність і задану точність. Розробляють форми журналів для запису результатів спостережень і вимірів.

Важливим розділом методики є вибір методів відпрацьовування й аналізу експериментальних даних. Обробка даних зводиться до систематизації всіх цифр, класифікації, аналізу. Результати експериментів повинні мати зручні форми запису, наприклад, таблиці, графіки, формули, номограми, що дозволяють швидко й доброякісно порівнювати отримані результати. Особливу увагу в методиці треба приділяти математичним методам обробки й аналізу дослідних даних — установленню емпіричних залежностей, апроксимації зв'язків між характеристиками, що варіюються, установленню критеріїв і довірчих інтервалів і ін.

Після затвердження методики встановлюють обсяг і трудомісткість експериментальних досліджень, які залежать від глибини теоретичних розробок, ступеня точності прийнятих засобів вимірів. Чим чіткіше сформульована теоретична частина дослідження, тим менше обсяг експерименту. Можливі наступні випадки проведення експерименту:

- теоретично отримана аналітична залежність яка однозначно визначає досліджуваний процес. У цьому випадку обсяг експерименту для підтвердження даної залежності мінімальний, оскільки функція однозначно визначається експериментальними даними;

- теоретичним шляхом установлений лише характер залежності. При цьому обсяг експерименту збільшується;

- теоретично не вдалося одержати яких-небудь залежностей. Розроблені лише припущення про якісні закономірності процесу. У багатьох випадках до-

цільним стає проведення пошукового експерименту. Обсяг експериментальних робіт різко зростає. Тут доречним є метод математичного планування експерименту.

На обсяг і трудомісткість істотно впливає вид експерименту: польові експерименти, як правило, мають більшу трудомісткість. Після встановлення обсягу експериментальних робіт встановлюють перелік необхідних засобів вимірів, кількість та види матеріалів, список виконавців, календарний план і кошторис витрат.

Виміри є основною складовою частиною будь-якого експерименту. Від акуратності вимірів і наступних обчислень залежать результати експерименту. Тому кожний експериментатор повинен знати закономірності вимірювальних процесів: вміти правильно виміряти досліджувані величини; оцінювати похибки при вимірах; правильно, з необхідною точністю обчислити отримані величини і їхню мінімальну кількість, визначити найкращі умови вимірів, при яких помилки будуть найменшими, і зробити загальний аналіз результатів вимірів.

Вимір — це процес знаходження будь-якої фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів. Це пізнавальний процес порівняння отриманої величини із відомою величиною, прийнятої за еталон.

Теорією й практикою вимірів займається спеціальна наука - метрологія. Виміри бувають статичними, коли вимірювана величина не змінюється, і динамічними, коли вимірювана величина міняється, наприклад, при пульсуючих процесах. Крім того, виміри поділяються на прямі й непрямі.

При прямих вимірах шукану величину встановлюють безпосередньо з досліді, при непрямих – функціонально від інших величин, які одержують прямими вимірами. Розрізняють три класи вимірів.

1. Особливо точні — еталонні виміри з максимально можливою точністю. Цей клас майже не застосовується в експериментальних дослідженнях будівельного виробництва.

2. Високоточні — виміри, похибка яких не повинна перевищувати заданих значень. Цей клас вимірів використовують при деяких найбільш відповіда-



льних експериментах, а також для контрольно-перевірочних вимірів приладів.

3. Технічні виміри, у яких похибка залежить від особливостей засобів виміру.

Розрізняють також абсолютні виміри й відносні. Абсолютні — це прямі виміри в одиницях вимірюваної величини, наприклад абсолютна вологість ґрунту вимірюється у відсотках. Відносні — виміри, представлені відношенням вимірюваної величини до однойменної величини, прийнятої за порівняльну.

Результати вимірів оцінюють різними показниками. Вірогідність виміру показує ступінь довіри до результатів виміру, тобто ймовірність відхилень виміру від дійсних значень.

### **2.3. Оцінка теоретичної значимості науково-дослідних робіт**

У науково-дослідній роботі розрізняють: наукові напрямки, проблеми й теми. Під науковим напрямком розуміють сферу наукових досліджень, які сприяють вирішенню значних, фундаментальних теоретично-експериментальних завдань у певній галузі науки. Успіх наукової праці, ефективність її багато в чому залежать від того, наскільки вдало обґрунтованим є науковий напрям. Структурними одиницями напрямку є комплексні проблеми й проблеми, теми й питання. Комплексна проблема містить у собі кілька проблем. Під проблемою розуміють складне наукове завдання, що охоплює значну область дослідження й має перспективне значення. Корисність таких завдань і їхній економічний ефект іноді можна визначити тільки орієнтовно.

Проблема складається з кількох тем. Тема — це наукове завдання, що охоплює певну область наукового дослідження. Вона базується на численних дослідницьких питаннях. Під науковими питаннями розуміють невеликі наукові завдання, які мають відношення до конкретної області наукового дослідження. Результати рішень цих завдань мають не тільки теоретичне, але, головним чином, і практичне значення, оскільки можна порівняно точно встановити очікуваний економічний ефект.

При розробці теми або питання формують конкретне завдання в дослідженні, наприклад, розробити новий матеріал, конструкцію, прогресивну технологію тощо. Рішення проблем ставить більш загальне завдання — зробити відкриття, вирішити комплекс наукових завдань, що забезпечить прискорення теоретичних розробок і процесу суспільного виробництва.

Вибір проблем або тем є відповідальним завданням і містить у собі ряд етапів. Перший етап – формулювання проблеми. На основах аналізу протиріч досліджуваного напрямку формують основне питання-проблему й визначають приблизно очікуваний результат.

Другий етап містить розробку структури проблеми. Виділяють теми, підтеми, питання. Композиція цих компонентів повинна становити стовбур проблеми (або комплексної проблеми). По кожній темі виявляють орієнтовну область дослідження.

На третьому етапі встановлюють актуальність проблеми, тобто цінність її на даному етапі для науки й техніки. Для цього по кожній темі виставляють кілька заперечень і на основі аналізу, методом послідовного наближення, виключають заперечення, на користь реальності даної теми. Після такого «чищення» остаточно затверджують структуру проблеми й позначають умовним кодом теми, підтеми, питання.

При виборі важливо вміти відрізнити псевдопроблеми від наукових проблем. У технічних напрямках найбільша кількість псевдопроблем виникає внаслідок досягнутих успіхів або труднощів у розвитку науки. Особливе місце серед них займають проблеми, які повторюють уже розв'язані або вирішені. Дубляж псевдопроблем обумовлює додаткові витрати праці вчених і засобів. Але іноді дублювання проблем не є зовсім даремним. Так, у науці відомі випадки, коли при повторній розробці проблеми досягали більш значних результатів. Однак у цілому розробка таких псевдопроблем приносить більше шкоди, ніж користі. Так більше 50 % заявок на винахід у тому, або іншому ступені дублюють вже вирішені питання. У науці близько 60 % повторень у дослідженнях доводиться на одинаків, які допускають помилки при виборі тем. Значно менше

помилки у виборі напрямків, проблем і тем спостерігається у наукових колективах. При обґрунтуванні проблем їх колективно обговорюють на засіданнях вчених рад, кафедрах, у вигляді публічного захисту, на якому виступають опоненти й приймають остаточне рішення.

Після обґрунтування проблеми й встановлення її структури, науковець або колектив, як правило, самостійно приступають до вибору теми наукового дослідження. Іноді вибрати тему більш складно, ніж провести саме дослідження. До тем висувають ряд вимог. Тема повинна бути актуальною, тобто важливою і потребувати негайного рішення. Ця вимога є одною з основних. Так, при порівнянні двох тем теоретичних досліджень ступінь актуальності може оцінити визнаний вчений даної галузі або науковий колектив. При оцінці актуальності прикладних наукових розробок помилки не виникне, якщо більш актуальною виявиться та тема, що забезпечить більший економічний ефект. Тема повинна вирішувати нове наукове завдання. Це значить, що тема в такій постановці ніколи не розроблялася й у цей час не розробляється, тобто дублювання виключається. Дублювання можливо тільки в тому випадку, коли за завданням керівних організацій однакові теми розробляють два конкуруючі колективи з метою вирішення найважливіших державних проблем у найкоротший термін. Таким чином, виправдане дублювання розробок іноді може бути однією з вимог.

При виборі теми дослідження новизна повинна бути не інженерною, а науковою, тобто принципово новою. Якщо розробляється нехай навіть нове завдання, але на основі вже відкритого закону, то це область інженерних, а не наукових розробок. Тому необхідно відрізняти наукове завдання від інженерного. Все те, що вже відомо, не може бути предметом наукового дослідження. Крім цього тема повинна бути економічно ефективною й мати значущість. Будь-яка тема прикладних досліджень повинна давати економічний ефект для народного господарства. Це одна з найважливіших вимог.

На стадії вибору теми дослідження очікуваний економічний ефект може бути визначений, як правило, орієнтовно. Іноді економічний ефект на початковій стадії встановити взагалі не можна. У таких випадках для орієнтовної оцін-

ки ефективності можна використовувати аналоги (близькі за назвою й розробкою теми).

При розробці теоретичних досліджень вимога економічності може уступати вимозі значущості. Значущість, як головний критерій теми, має місце при розробці досліджень, що визначають престиж вітчизняної науки або складають основу для прикладних досліджень, або спрямованих на вдосконалювання суспільних і виробничих відносин і ін. Тема повинна відповідати профілю діяльності наукового колективу. Кожний науковий колектив за сформованими традиціями має свій профіль, кваліфікацію, компетентність. Така спеціалізація, що сприяє нагромадженню досвіду досліджень, дає свої позитивні результати - підвищується теоретичний рівень розробок, якість і економічна ефективність, скорочується строк виконання дослідження. Однак не можна впадати в крайність, застосовуючи цей принцип. Це може знизити ефективність наукових досліджень. Замовникові буде представлятися наукова продукція, що завжди може відбивати найкращі показники. Виконуючи тривалий час роботу з вузько спеціалізованої тематики з устояною методикою, деякі науковці втрачають до неї інтерес. Тому в колективі може бути трохи непрофільних тем (до 10 %), що не відрізняються різко від основної тематики колективу. Це може викликати ентузіазм, ініціативу й приплив творчих сил у колективі.

Важливою характеристикою теми є можливість її здійснення та впровадження. При розробці теми варто оцінити можливість її закінчення в плановий строк і впровадження у виробничих умовах замовника. Якщо це не можна здійснити або здійснити в строки, які не влаштовують замовника, то це є свідомим плануванням розробки непридатних, неефективних тем. Обґрунтовуючи тему, науковець повинен добре знати виробництво і його вимоги на даному етапі.

Велике значення має відвідування галузевих і академічних інститутів, кафедр споріднених вищих навчальних закладів. Особливу силу мають бесіди із провідними науковцями, видатними фахівцями-виробничниками.

Вибору теми повинне передувати ретельне ознайомлення з вітчизняними й закордонними літературними джерелами даної й суміжної спеціальностей.

Істотно спрощується методика вибору тем у наукових колективах, що мають наукові традиції (свій профіль) і таких, що розробляють комплексні проблеми. У таких колективах наукові дослідження виконують не одинаки, а групи, що спеціалізуються на розробці тем або питань. Тут початківець, як правило, одержує тему, що була обґрунтована раніше. Імовірність одержати не актуальну, не нову, не ефективну тему практично виключена. При колективній розробці наукових досліджень більшу роль набуває критика, дискусія, обговорення проблем і тем. У процесі дискусії виявляються нові, ще не вирішені актуальні завдання різного ступеня важливості, обсягу, строків розробки. Все це створює сприятливі умови для участі студентів у науково-дослідній роботі. Вибір тем для студентської роботи не є складним.

Після ознайомлення з темою науковець робить доповідь керівникові й колективу, у якому обґрунтовує постановку питання і його стан на момент одержання теми. Ефективно на цьому етапі підготувати 1-2 реферати, провести пошуковий експеримент, консультації із працівниками НДІ з різних питань.

Науково-дослідні роботи (НДР) класифікують за різними ознаками. За видами зв'язків із суспільним виробництвом їх поділяють на:

- роботи, спрямовані на створення нових процесів, машин, конструкцій і т.д., повністю використовуваних для підвищення ефективності виробництва;
- роботи, спрямовані на поліпшення виробничих відносин, підвищення рівня організації виробництва без створення нових засобів праці;
- теоретичні роботи в області суспільних, гуманітарних і інших наук, які використовуються для вдосконалювання суспільних відносин, підвищення рівня духовного життя людей і ін.

За ступенем важливості досліджень НДР класифікують на:

- найважливіші роботи, виконувані за державним замовленням;
- роботи, виконувані за завданням міністерств і відомств; дослідження, виконувані за планом (з ініціативи) науково-дослідних організацій.

Залежно від джерел фінансування НДР ділять на:

- держбюджетні, фінансовані із засобів державного бюджету;

- госпдоговірні, фінансовані відповідно до договорів, що укладаються між організаціями-замовниками, які використовують НДР у даній галузі, і організаціями, що виконують дослідження.

За тривалістю розробки НДР розділяють на довгострокові, укладені на декілька років; короткострокові, які виконуються протягом року.

За цільовим призначенням НДР класифікують на три види - теоретичні, прикладні й розробки.

Теоретичні дослідження спрямовані на створення нових принципів. Це звичайно фундаментальні дослідження. Їх мета — розширити знання суспільства, більш глибоко зрозуміти закони природи. Такі розробки використовують в основному для подальшого розвитку нових теоретичних досліджень, які можуть бути довгостроковими, бюджетними і виконуватися за держзамовленням.

Прикладні дослідження спрямовані на створення нових методів, на основі яких розробляють нове обладнання, нові машини й матеріали, способи виробництва й організації робіт і ін. Вони повинні задовольнити потреби суспільства в розвитку конкретної галузі виробництва. Прикладні розробки можуть бути довгостроковими або короткостроковими, бюджетними або госпдоговірними.

Мета розробок — перетворювати прикладні (або теоретичні) дослідження в технічні додатки. Вони не вимагають одержання нових наукових досліджень. Кінцева мета розробок - підготувати матеріал для впровадження.

Дослідницьку роботу проводять у певній логічній послідовності.

Процес виконання теоретичних або прикладних науково-дослідних робіт містить у собі наступні етапи.

1. Формулювання теми. Розробка технічного завдання. Попереднє визначення очікуваного економічного ефекту.
2. Формулювання мети й завдань дослідження.
3. Теоретичні дослідження. Вивчення фізичної сутності.
4. Експериментальні дослідження. Планування експерименту. Обробка результатів спостережень.

5. Аналіз і оформлення наукових досліджень. Перетворення гіпотез у теорію. Складання науково-технічного звіту.

6. Впровадження результатів. Визначення економічного ефекту.

Третій вид НДР - дослідно-конструкторські роботи.

Трудовітність виконання НДР на різних етапах неоднакова. Теоретична частина – це найбільш творчий етап. Експериментальна частина НДР - найбільш трудовітка. У ряді випадків виникає необхідність у повторних проведеннях експериментів.

Основою спільного аналізу теоретичних і експериментальних досліджень є зіставлення висунутої робочої гіпотези з досвідченими даними спостережень. Теоретичні й експериментальні дані порівнюють методом зіставлення відповідних графіків. Критеріями зіставлення можуть бути мінімальні, середні й максимальні відхилення експериментальних результатів від даних, установлених розрахунком на основі теоретичних залежностей. Можливо також обчислення середньоквадратичного відхилення й дисперсії. Однак найбільш достовірними варто вважати критерії адекватності теоретичних залежностей експериментальним. У результаті теоретико-експериментального аналізу можуть виникнути кілька випадків. Наприклад, установлений повний збіг робочої гіпотези з результатами дослідів у результаті чого вона перетворюється в доведене теоретичне положення. Або, експериментальні дані лише частково підтверджують положення робочої гіпотези й у тої або іншій її частині суперечать їй. У цьому випадку робочу гіпотезу змінюють і переробляють. Можливо, що робоча гіпотеза не підтверджується експериментом. Тоді її критично аналізують і повністю переглядають.

Після виконаного аналізу приймають остаточне рішення, що формулюють як висновок або пропозиції. Ця частина роботи вимагає високої кваліфікації, оскільки необхідно коротко, чітко, науково виділити те нове і істотне, що є результатом дослідження, дати йому вичерпну оцінку. Якщо ж крім основних висновків, що відповідають поставленій меті, можна зробити ще й інші, то їх формулюють окремо, щоб не затемнити конкретної відповіді на основне завдання теми. Всі висновки доцільно розділити на дві групи: наукові й виробни-

чі. У наукових висновках необхідно показати, який внесок внесений у науку в результаті виконаних досліджень (нові пропозиції, принципове розходження існуючих, спростування деяких відомих положень і ін.). У висновку потрібно розробити план впровадження закінчених НДР у виробництво й розрахувати очікуваний економічний ефект.

При виконанні науково-дослідної роботи піклуються про захист державного пріоритету на винахід або відкриття.

За винахід приймають нове технічне рішення, що має істотні відмінності в будь-якій області народного господарства й має позитивний ефект. Автори винаходів одержують патент. Ними можуть виступати окремі особи або організації, працівники яких запропонували цей винахід під час виконання службових обов'язків.

Патенти видає Державний департамент інтелектуальної власності при міністерстві освіти та науки України. Пріоритет винаходу встановлюють по дні надходження заявки. Виявлення робіт на рівні винаходів проводять на всіх стадіях НДР і ДКР. Передчасна публікація відомостей про винахід у пресі, експонування його на виставках і т.п., є причиною відмови у видачі патенту.

Видача патенту на винахід закріплює авторський пріоритет і означає, що даний винахід уперше розроблений конкретним громадянином або організацією, за яким закріплюється патент.

Відкриття встановлює невідомі раніше об'єктивні існуючі закономірності, властивості і явища матеріального світу. Автори відкриття одержують спеціальний диплом після оформлення відповідних документів. Авторство відкриттів, так само як і винаходів, охороняється законом. Авторами відкриття можуть бути фізичні особи або організації. Його пріоритет виявляється за датою, коли вперше було сформульоване положення, заявлене як відкриття (або за датою опублікування зазначеного положення в пресі).

Всі матеріали, отримані в процесі досліджень, розробляють, систематизують і оформляють у вигляді наукового звіту. До нього пред'являють такі основні вимоги: чіткість побудови й логічна послідовність викладу матеріалу,



стислість і точність формулювань, конкретність викладу результатів роботи, переконливість аргументації й доказовість висновків і рекомендацій.

## **2.4. Критерії економічної ефективності**

Впровадження закінчених наукових досліджень у виробництво є завершеним етапом НДР. Впровадження — це передача виробництву наукової продукції у зручній для реалізації формі, що забезпечує техніко-економічний ефект. Науково-дослідна робота перетворюється в продукт лише з моменту її впровадження у виробництво.

Замовниками на виконання НДР можуть бути технічні управління міністерств, будівельні фірми, виробничі підприємства будівельної індустрії, об'єднання тощо. Підрядником виступає науково-дослідна організація, що виконує НДР відповідно до підрядного двостороннього договору. Підрядник зобов'язаний сформулювати пропозицію для впровадження. Останнє залежно від умов договору повинне містити технічні умови, технічне завдання, проектну документацію, тимчасову інструкцію, вказівку й т.д.

Процес впровадження складається з двох етапів: першого — дослідно-виробничого впровадження; другого — серійного впровадження. Як би ретельно не проводилися НДР у науково-дослідних організаціях, все-таки вони не можуть всебічно врахувати різні, часто випадкові фактори, що діють в умовах виробництва. Тому наукова розробка на першому етапі впровадження вимагає досвідченої перевірки у виробничих умовах.

Дослідні зразки конструкцій, матеріалів, машин ретельно вивчають у виробничих умовах при різних багаторазових впливах механічних навантажень і природних факторів. Тривалість таких випробувань, установлюють спеціальними розрахунками. На основі результатів дослідної виробничої перевірки аналізують техніко-економічну ефективність дослідних зразків. Особливу увагу приділяють експлуатаційним показникам якості зразків, надійності, довговічності, собівартості, експлуатаційним витратам, технологічності виготовлення й

експлуатації, можливості серійного виробництва, необхідності переустаткування виробничих підприємств.

Результати випробувань оформляють у вигляді пояснювальної записки, до якої додають різні акти з оцінкою конструктивних, технологічних, експлуатаційних, економічних, ергономічних, санітарно-гігієнічних, протипожежних, організаційних і інших особливостей випробуваних зразків. Акти підписують представники замовника й підрядника. Іноді у випробуванні дослідних зразків основним критерієм є їхня довговічність із урахуванням дотримання високої якості. У той же час тривалість випробування дослідно-виробничих зразків досить обмежена. У таких випадках необхідно застосовувати методи натурного моделювання умов служби конструкцій, а нові матеріали перевіряють на стійкість багаторазовими статичними й динамічними, циклічними навантаженнями, заморожуванням і відтаванням зразків, дією агресивних речовин і т.д.

Перший етап впровадження вимагає більших фінансових витрат, значної трудомісткості у виготовленні дослідних зразків, пов'язаний із тривалими виробничими випробуваннями, що часто вимагають доробок і переробок. На цьому етапі необхідна участь авторів у дослідженнях і розробка рекомендацій. Якщо на першому етапі випробовують зразок машини, що має народногосподарське значення, його разом з технічною документацією передають спеціальній комісії на державні випробування.

Прикладні теоретичні дослідження й ДКР вважаються завершеними, якщо відповідно до договору по них розроблені тимчасові рекомендації, вказівки, інструкції, пропозиції й інша документація.

Завершенням і впровадженням дослідно-конструкторських робіт вважається дослідно-промислове впровадження підприємством нової технології; виготовлення дослідного зразка приладу або встаткування; передача встановленої договором партії нових матеріалів або документації заводам-виготовлювачам. Пропозиції про закінчення НДР розглядають на науково-технічних радах, а у випадку особливо важливих пропозицій — на Колегіях Міністерств, і направляють на виробництво для обов'язкового застосування.

Після дослідно-виробничого випробування нові матеріали, конструкції, технологію впроваджують у серійне виробництво, як елементи нової техніки. На цьому етапі науково-дослідні організації не приймають участі у впровадженні. Вони можуть на прохання організацій, що впроваджують, давати консультації або надавати незначну науково-технічну допомогу. Після впровадження досягнень науки у виробництво складають пояснювальну записку, до якої додають акти впровадження й експлуатаційних випробувань, розрахунок економічної ефективності, довідки про річний обсяг впровадження й про включення одержуваної економії в план зниження собівартості, протокол участі на паях організацій у розробці й впровадженні. Велику кількість НДР виконують за завданням будівельних фірм і інших підрозділів. Такі короткострокові НДР спрямовані на вирішення актуальних для даної організації науково-виробничих проблем. У цих випадках закінчені НДР впроваджують, наприклад, будівельною організацією. Науково-дослідна організація представляє замовникові конкретну, придатну для впровадження технічну документацію, що розглядають на технічних радах організації й після затвердження її головним інженером направляють для впровадження на виробництво. Обсяги таких впроваджень визначає замовник.

Розрізняють роздільний й комплексний способи впровадження. При роздільному способі НДР виконує організація, що висуває пропозицію для впровадження. На основі цієї пропозиції проектна організація розробляє технічну документацію. Дослідно-виробниче впровадження здійснює замовник, після чого можливо серійне впровадження. Всі етапи системи «розробка - впровадження» виконують роздільно, самостійно, послідовно. Тривалість впровадження при цьому найпоширенішому способі максимальна.

Прискорити впровадження прикладних НДР можна комплексним способом. У цьому випадку НДР поєднують із проектними інститутами. При науково-дослідних організаціях можуть бути створені спеціальні відділи по впровадженню. Даний спосіб впровадження більше ефективний, чим перший. Всім

комплексом робіт керує один центр. Якість науково-виробничої продукції зростає, а строки впровадження скорочуються.

Впровадження досягнень науки й техніки фінансують організації, які його здійснюють. Впровадження результатів НДР забезпечує економічну ефективність у народному господарстві. Наука стала одним з видів суспільного виробництва. Під економічною ефективністю наукових досліджень у цілому розуміють зниження витрат упередженої й живої праці на виробництво продукції в тій галузі, де впроваджують закінчені НДР і ДКР. Ефективність наукових досліджень може бути різною:

- економічна ефективність;
- зміцнення обороноздатності країни;
- соціально-економічна ефективність;
- престиж вітчизняної науки.

Підсумок впровадження наукових досліджень у виробництво — ріст продуктивності праці, зниження собівартості виробів, підвищення їхньої якості, довговічність, надійність. Результати наукових досліджень впливають на всі сторони розвитку суспільства. Підвищення ефективності наукових досліджень у колективі може бути досягнуто різними способами:

- поліпшенням планування й організації НДР;
- більш ефективним використанням устаткування;
- раціональним використанням асигнувань;
- матеріальним стимулюванням наукової праці;
- застосуванням наукової організації праці НДР;
- поліпшенням психологічного клімату в науковому колективі й т.д.

Для оцінки ефективності досліджень застосовують різні критерії, що характеризують ступінь їхньої результативності.

Фундаментальні дослідження починають віддавати капіталовкладення лише через значний період після початку розробки. Результати їх звичайно широко застосовують у різних галузях, іноді в тих, де їх зовсім не очікували. Часом нелегко планувати очікувані результати таких досліджень. Фундаментальні

теоретичні дослідження важко оцінити кількісними критеріями ефективності. Звичайно можна встановити тільки якісні критерії:

- можливість широкого застосування результатів досліджень у різних галузях народного господарства країни;
- новизна явищ, що дає великий поштовх для принципового розвитку найбільш актуальних досліджень;
- істотний внесок в обороноздатність країни;
- пріоритет вітчизняної науки; галузь, де можуть бути початі прикладні дослідження; широке міжнародне визнання робіт;
- фундаментальні монографії за темою й цитуємість вченими різних країн.

Простіше оцінити ефективність прикладних досліджень і розробок. У цьому випадку застосовують різні кількісні критерії. Про ефективність будь-яких досліджень можна судити лише після їхнього завершення й впровадження, тобто тоді, коли вони починають давати віддачу для народного господарства. Великого значення набуває фактор часу. Тому тривалість розробки прикладних тем по можливості повинна бути коротша. Кращим є такий варіант, коли тривалість розробки не перевищує 3 років. Для більшості прикладних досліджень імовірність одержання ефекту в народному господарстві найближчим часом досягає 80 %.

Ефективність дослідження колективу (відділу, кафедри, лабораторії, НДІ, КБ, ВНЗ) і одного науковця оцінюють по-різному. Ефективність роботи науковця оцінюють різними критеріями: публікаційним, економічним, новизною розробок, цитуємістю робіт і ін.

### Рекомендовані джерела

1. Неорганічне матеріалознавство: енциклопедичне видання: у 2 т. / за заг. ред. В. В. Скороход, Г. Г. Гнесина. – К. : Наук. думка, 2008. – 1152 с.
2. Пустыльник Е. И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений / Е. И. Пустыльник. – М.: Изд-во «Наука», 1968. – 225 с.
3. Дворкин Л. И. Проектирование составов бетона с заданными свойствами / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – Ровно: РГТУ, 1999. – 202 с.
4. Александрин И. Л. Строительный контроль качества бетона / И. Л. Александрин. – Л.-М.: Госстройиздат, 1955. – 227 с.
5. Ахвердов И. Н. Теоретические основы бетоноведения / И. Н. Ахвердов. – Мн.: Вища школа, 1991. – 188 с.
6. Баженов Ю. М. Перспективы применения математических методов в технологии сборного железобетона / Ю. М. Баженов, В. А. Вознесенский. – М.: Стройиздат. 1984. – 192 с.
7. Вознесенский В. А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ / В. А. Вознесенский, Т. В. Ляшенко, Б. Л. Огарков. – К.: Вища школа, 1989. – 328 с.
8. Комохов П. Г. Структурная механика и теплофизика легкого бетона / П. Г. Комохов, В. С. Грызлов. – Вологда: Изд-во Вологодского научного центра, 1992. – 321 с.
9. Круглицкий Н. Н. Очерки по физико-химической механики / Н. Н. Круглицкий. – К.: Наук. думка, 1988. – 224 с.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

КОНДРАЩЕНКО Олена Володимирівна

*НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ*

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

(для студентів 5 курсу денної форми навчання освітньо-кваліфікаційного рівня спеціаліст спеціальності 7.06010103 «Міське будівництво та господарство»)

Редактор *О. Н. Монтян*

Комп'ютерне верстання *О. А. Балашова*

План 2010, поз. 24 Л

---

Підп. до друку 02.09.2010 р.

Формат 60×84/16

Друк на ризографі.

Ум. друк. арк. 2,1

Зам. №

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011 р.